

Docket No.: P2002,0805

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By:  Date: December 31, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,964
Applicant : Jenspeter Rau et al.
Filed : September 29, 2003
Art Unit : to be assigned
Examiner : to be assigned

Docket No. : P2002,0805
Customer No.: 24131

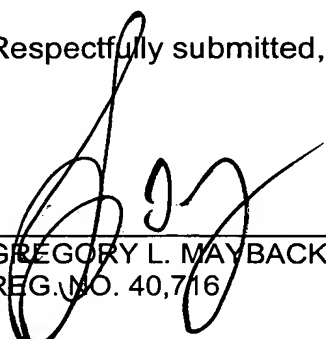
CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop: Missing Parts
Hon. Commissioner for Patents,
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 45 128.1 filed September 27, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,



GREGORY L. MAYBACK
REG. NO. 40,716

Date: December 31, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/mjb

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 45 128.1

Anmeldetag: 27. September 2002

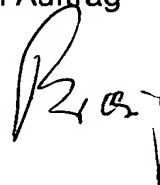
Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE

Bezeichnung: Fotoempfindlicher Lack zum Beschichten eines
Substrates und Verfahren zum Belichten des mit
dem Lack beschichteten Substrates

IPC: G 03 F 7/004

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Brosig

Beschreibung

Fotoempfindlicher Lack zum Beschichten eines Substrates und
Verfahren zum Belichten des mit dem Lack beschichteten Sub-
strates

Die vorliegende Erfindung betrifft einen fotoempfindlichen
Lack zur Beschichtung eines Substrates sowie ein Verfahren
zum Belichten des mit dem fotoempfindlichen Lack beschichte-
ten Substrates. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Ver-
fahren zum Belichten eines Halbleiterwafers in einem litho-
graphischen Projektionsverfahren.

Bei der Herstellung von integrierten Schaltungen werden in
lithographischem Projektionsverfahren Strukturen von einer
Maske auf ein Substrat, etwa einem Halbleiterwafer oder einem
Flat Panel, übertragen. Die Übertragung findet in eine
Schicht umfassend einen fotoempfindlichen Lack statt. Nach
dem Entwickeln und Entfernen der belichteten Lackteile (sog.
Positiver Resist) wird die strukturierte Lackschicht selbst
als Maske zur Übertragung der Struktur in eine unterliegende
Schicht beispielsweise mittels eines Ätzverfahrens einge-
setzt.

Zur Übertragung der Maskenstruktur in die Lackschicht kann
Photonen- oder Teilchenstrahlung verwendet werden. Die übli-
cherweise dabei eingesetzten Wellenlängen befinden sich im
sichtbaren optischen, im ultravioletten (DUV, deep ultravio-
let und VUV, vacuum ultraviolet) oder im weichen Röntgenbe-
reich, welcher auch EUV (extreme ultraviolet) genannt wird.
Eine Belichtung kann auch durch Teilchenlithographie, bei-
spielsweise der Ionenprojektionslithographie (IPL) durchge-
führt werden. Der Einsatz von Elektronenstrahlung (EPL), wie
er bereits von der Maskenbelichtung her bekannt ist, ist
ebenfalls möglich. Die Teilchenenergien bzw. die Kopurskular-
wellenlängen hängen hierbei von den verwendeten Beschleuni-
gungsspannungen, typischerweise 30 bis 100 KEV, ab.

Im Falle der heute vorzugsweise eingesetzten Positivresists gibt es das Erfordernis, eine Strahlungsdosis für die Belichtung derart einzustellen, daß die Strukturübertragung in die photoempfindliche Schicht maßgetreu erfolgt und daß die ent-
5 standen Linienprofile in der fotoempfindlichen Schicht nach der Entwicklung eine große Steilheit aufweisen.

Eine zu geringe Belichtungsdosis mit Strahlen oder Teilchen
10 kann zu einer unvollständigen Entfernung des Lackes in den belichteten Bereichen führen, so daß bei dem Positivresist Linienabstände nicht oder mit zu geringer Ausdehnung gebildet werden. Flache Resistprofile können bei einem nachfolgenden Ätzvorgang zu einer nicht kontrollierbaren Übertragung der
15 Strukturbreiten von Linien führen.

Dieselbe Problematik entsteht auch im Falle einer Überbelichtung mit einer zu großen Belichtungsdosis, bei welcher die belichteten Bereiche unerwünscht aufgeweitet werden.

20

Die eine Belichtungsdosis bestimmenden Faktoren sind unter anderem: die Belichtungsleistung der Strahlung, die Belichtungs-
dauer, die Dicke der fotoempfindlichen Schicht, die chemische Zusammensetzung sowie die Empfindlichkeit der fotoempfindlichen Schicht, die optischen Eigenschaften unterliegender Schichten, wie zum Beispiel deren Reflektivität sowie Aufladungseffekte der belichteten Strukturen, etc.

25

Aufgrund der zu erzielenden sehr geringen Strukturbreiten auf dem Substrat ist es im allgemeinen unzureichend, die für eine maßgetreue Abbildung optimale Belichtungsdosis auf theoretischem Wege zu bestimmen. Beispielsweise spielen auch Probleme wie eine ungleichmäßige Ausleuchtung des Belichtungsfeldes infolge einer Dejustage der Optik oder des Illuminators, Degradationen der optischen beziehungsweise ionenoptischen Komponenten, Fluktuationen der Licht- beziehungsweise Teilchen-
35 quelle, externe mechanische oder elektromagnetische Störungen

eine Rolle, welche insbesondere jeweils auch plötzlich auftreten können. Bezüglich der Dicke der fotoempfindlichen Schicht können auch Mitte-Rand-Variationen, welche bei dem Aufschleudern des fotoempfindlichen Lackes entstehen, oder
5 auch die unterliegende Strukturtopographie eine Rolle spielen. Die chemischen Eigenschaften des Lackes können ebenfalls zeitlich variieren, so daß zwei aufeinanderfolgende zu belichtende Substrate mit dem gleichen Lack verschiedenen Lackempfindlichkeiten unterworfen. Ein Beispiel stellt die Lagerungsdauer des belackten Substrates insbesondere im Falle von
10 chemisch verstärkten Lacken (CAR, chemically amplified resists) dar.

Für ein beispielsweise 25 Substrate umfassendes Los wird daher im allgemeinen ein sogenanntes Vorläufersubstrat ausgewählt und mit unterschiedlichen Belichtungsdosen, der sogenannten Belichtungsstaffel, belichtet und entwickelt. Anschließend werden die belichteten Strukturen auf ihre Strukturbreite hin vermessen und mit der jeweils zu erzielenden
20 Strukturbreite verglichen. Die der Struktur mit der größten Übereinstimmung zugeordnete Belichtungsdosis wird dann für die Belichtung der restlichen 24 Substrate des Loses verwendet.

Ein Nachteil bei diesem Verfahren besteht darin, daß es zeitaufwendig ist und gleichzeitig die Kapazität des betreffenden Belichtungsgerätes für die Herstellung von verkäuflichen Endprodukten nicht voll genutzt wird. Die Kosten der Herstellung eines Produktes erhöht sich aus diesem Grunde. Zudem können
25 während der Produktionsabfolge eines Loses oder auch nur eines einzigen Substrates auftretende Variationen der o.g. Faktoren nicht durch eine angemessene Änderung der Belichtungsdosis berücksichtigt werden.

35 In jüngerer Zeit wurden daher Belichtungsgeräte entwickelt, bei denen wenigstens die durch das Belichtungsgerät selbst verursachten Variationen in der Belichtungsleistung durch ei-

ne Messung gerade dieser Leistung im Bereich des Substrates auskorrigiert werden können. Entsprechende Regelmechanismen werden über die Bedienung von Shuttern, Blenden und/oder die Geschwindigkeit der Scanning-Tische im Falle von Scannern zur
5 Verfügung gestellt.

Solche Regelmechanismen sind jedoch nur bei solchen Belichtungsgeräten einsetzbar, in welchen der Belichtungsvorgang im sichtbaren optischen oder im ultravioletten Bereich durch-
10 führt wird. Im Falle der extrem-ultravioletten Strahlung (EUV) wären die das zu messende Licht am Ort des Substrates auskoppelnden Strahlungsteiler nicht mehr transparent und würden das Belichtungsfeld zumindest teilweise abschatten.

15 Bei diesen Belichtungsgeräten wird daher die Belichtungsleistung am Ort der Lichtquelle - und nicht des Substrates - gemessen und zu einer Belichtungs-dosis zeitlich aufintegriert. Ist ein gewünschter Zielwert erreicht, so wird die Belichtung mit Hilfe der genannten Regelmechanismen beendet. Der Anteil
20 der tatsächlich am Substrat eintreffenden Strahlung wird dabei vorab bestimmt und später nur noch als festgesetzter Faktor in die Berechnung der tatsächlich bestimmten Belichtungsleistung mit der am Ort der Lichtquelle bestimmten Strahlungsdosis kombiniert.

25 Variationen durch weitere Spiegelemente zwischen der Lichtquelle und dem Substrat, wie auch der Abbildungsoptik, den Wellenlängenfiltern, den Vakuumfenstern oder der EUV-Reflektionsmaske auf kürzere Zeitdauer oder von Material zu
30 Material bleiben dabei unberücksichtigt. Langsamere Variationen können wiederum durch Vorläufer auskalibriert werden. Auf sehr kurzen Zeitskalen stattfindende Veränderungen führen hingegen zu Fehlbelichtungen in der fotoempfindlichen Schicht auf dem Substrat. Die eingangs beschriebenen Projektionssysteme bezüglich der Teilchenlithographie sind dabei ähnlichen
35 Problemen unterworfen.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen fotoempfindlichen Lack, ein Belichtungsgerät und ein Verfahren zum Belichten eines mit dem fotoempfindlichen Lack beschichteten Substrates in dem Belichtungsgerät zur Verfügung zu stellen, mit dem es möglich wird, eine Belichtungsdosis derart einzustellen, daß Strukturen in einem lithographischen Projektionsschritt maßgetreu in die fotoempfindliche Schicht übertragen werden können.

10 Es ist insbesondere eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine maßgetreue Übertragung von Maskenstrukturen im Wellenlängenbereich des EUV oder mittels Teilchenstrahlolithographie zu ermöglichen.

15 Die Aufgabe wird gelöst durch einen fotoempfindlichen Lack mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einem Verfahren zum Belichten eines mit dem fotoempfindlichen Lack beschichteten Substrates in einem Belichtungsgerät mit den Merkmalen des Anspruchs 5. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den untergeordneten Ansprüchen zu entnehmen.

20 Der vorliegenden Erfindung zufolge umfaßt ein fotoempfindlicher Lack zum Beschichten eines Substrates für die Durchführung eines Belichtungsvorganges ein Basispolymer, ein Lösungsmittel, eine fotoaktive Substanz sowie eine fluoreszierende Substanz. Das von der fluoreszierenden Substanz während eines Belichtungsvorganges emittierte Licht kann vorteilhaft analysiert werden, um Rückschlüsse auf den Fortschritt des Belichtungsvorgangs schließen zu können, wie im Folgenden beschrieben ist:

30 Die fotoaktive Substanz besitzt die Eigenschaft, unter Einstrahlung von Licht, beispielsweise während eines Belichtungsvorganges, eine Säure zu bilden. Herkömmlich verwendete optische Fotolacke aber auch jene für den ultravioletten Lichtbereich (DUV, VUV) wie etwa die seit jüngster Zeit verwendeten chemisch verstärkte Fotolacke (CAR, Chemically Am-

plified Resists) umfassen solche fotoaktiven Substanzen, bei denen auf diese Weise eine Säure gebildet wird.

Im Falle der im sichtbaren optischen und ultravioletten Bereich arbeitenden Fotolacke ist dies beispielsweise Diazonaphthochinon, das bei Belichtung in Gegenwart von Feuchtigkeit (H_2O) in eine Säure, nämlich der Carboxylsäure, umgewandelt wird. Eine solche fotochemische Reaktion ist beispielsweise bei den Wellenlängen 436 nm (g-line), oder 365 nm (i-line) vorteilhaft. Die freigesetzte Carboxylsäure trennt dabei die aus einer mit Novolak als Basispolymer bestehende Matrix, so daß die vorher belichteten Bereiche des Lackes nun in einem Entwicklerschritt herausgelöst werden können.

Im Falle der chemisch verstärkten Fotolacke bewirkt die fotoaktive Substanz in einer fotochemischen Reaktion ebenfalls die Bildung einer Säure, welche katalytisch das Entstehen weiterer Säuremoleküle bewirkt. Dieser Prozeß findet allerdings erst in einem der Belichtung nachgeordneten Wärmeschritt, dem sogenannten Post-Exposure Bake Prozeß statt. Vorher unlösliche Bestandteile der Polymerketten des Basispolymers werden dabei in einer Kettenreaktion in lösliche Komponenten umgewandelt. Diese üblicherweise bei 248 nm (DUV) und 197 nm (VUV) eingesetzten Lacke können auch in der EUV-Lithographie mit Erfolg verwendet werden.

In beiden Fällen stellt das Vorhandensein und die lokal gebildete Anzahl an Säuremolekülen ein Maß für den Fortschritt des Belichtungsvorganges dar. Eine Möglichkeit dafür, Informationen über dieses Maß zu erhalten, besteht der Erfindung zufolge darin, mindestens eine fluoreszierende Substanz einzusetzen, deren Fluoreszenzeigenschaft von dem aktuell gebildeten Säureanteil abhängt. Mit fortschreitender Belichtung, d.h. mit zunehmendem Säuregehalt nimmt der Absorptionskoeffizient des Resists ab, so daß immer mehr fluoreszierende Moleküle angeregt werden und die Fluoreszenzintensität steigt.

Das von der fluoreszierenden Substanz wieder ausgestrahlte Licht kann mit einem Sensor aufgefangen und ausgewertet werden. Die Fluoreszenzeigenschaft spiegelt sich in dem Spektrum und/oder in der Intensität des wieder ausgestrahlten Lichtes
5 der fluoreszierenden Substanz wieder.

Als fluoreszierende Substanzen können insbesondere die sogenannten die Fluoreszenz-Indikatoren verwendet werden, welche definierte Änderungen in der emittierten Fluoreszenzstrahlung
10 bei Änderung des pH-Wertes aufweisen. Solche Fluoreszenzindikatoren sind beispielsweise bekannt aus dem "Handbook of Chemistry and Physics", 55th Edition, 1974 - 1975, CRC Press, p. D-117 - D-118, in dem insbesondere eine Tabelle von fluores-
15 zierenden Substanzen insbesondere für die Titration von opaken, trüben oder stark gefärbten Lösungen angegeben ist. Beispielfhaft sei daraus genannt das Benzoflavin, welches bei einem pH-Wert von 1.7 und darüber einen Spektralverlauf aufweist, welchem ein Farbwert "grün" zugeordnet ist, und welches bei einem pH-Wert von 1.7 bis 0.3 einen Spektralverlauf
20 aufweist, welchem ein Farbwert "gelb" zugeordnet wird. D.h., bei einem höheren Säureanteil in dem fotoempfindlichen Lack liegt während einer Belichtung das fluoreszierende Emissionsspektrum zu längeren Wellenlängen hin verschoben vor. Der Farbumschlag findet bei einem bestimmten pH-Wert, hier der
25 Wert 1.7) statt.

Wird nun der substanzabhängige pH-Wert (im obigen Fall pH = 1.7) unterschritten, so kommt es demnach zu einem Farbumschlag, die Wellenlänge der emittierten Strahlung ändert
30 sich. Die Intensität der von der fluoreszierenden Substanz emittierten Strahlung nimmt proportional mit der Menge der während der Belichtung freigesetzten Säure und der damit verbundenen abnehmenden Absorption des Resists zu und geht in eine Sättigungsphase über, sobald der fotoempfindliche Lack
35 völlig durchbelichtet ist.

Die Messung des zeitlichen Verlaufs der Intensität der emittierten Fluoreszenzstrahlung ermöglicht somit eine in-situ Kontrolle des Belichtungsvorganges, wodurch erfindungsgemäß eine Endpunkterkennung des Belichtungsvorganges möglich wird.

- 5 Der Übergang des im wesentlichen proportional verlaufenden Anstiegs der Intensität in die Sättigungsphase entspricht genau diesem Endpunkt.

10 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden daher während des Belichtungsvorganges in dem Belichtungsgerät einer oder mehrere Sensoren zur Detektion des von der fluoreszierenden Substanz ausgestrahlten Lichtes eingesetzt. Die Sensoren werden dabei vorzugsweise in der Belichtungskammer eines Belichtungsgerätes angeordnet.

15

Umfassen die Sensoren nur einem begrenzten Wellenlängenbereich, so werden vorzugsweise wenigstens zwei Sensoren eingesetzt, deren empfindliche Wellenlängenbereiche verschieden sind. Auf diese Weise ist es möglich, wenigstens einen Ausschnitt aus dem Spektrum des emittierten Lichtes aufzunehmen, so daß eine Zuordnung zu einem pH-Wert, z.B. anhand einer in der Meß- und Auswerteinheit hinterlegten Tabelle, möglich wird.

20

Es ist auch vorgesehen, verschiedene fluoreszierende Substanzen in dem fotoempfindlichen Lack zu kombinieren, um eine pH-Wert-Bestimmung über größere Bereiche hinweg durchführen zu können.

30

Anstatt eines bestimmten Threshold-Wertes zur Feststellung des Eintritts in die Sättigungsphase kann auch der Kurvenverlauf analysiert werden. Im ersten Fall wäre der Anteil der belichteten Fläche mit der gemessenen Intensität in Beziehung zu setzen. Im zweiten Fall könnte beispielsweise der Umkehrpunkt der Kurve in die Sättigungsphase detektiert werden.

35

Es ist somit erfindungsgemäß vorgesehen, fluoreszierende Substanzen zu verwenden, die es erlauben entweder proportional zum pH-Wert emittierte Fluoreszenzintensitäten zu messen oder lediglich den Farbumschlag als Funktion des Säureanteils zu bestimmen, wobei im ersten Fall nur die Intensität in mindestens einem Wellenlängenbereich festgestellt zu werden braucht, während im zweiten Fall mindestens zwei Wellenlängenbereiche mittels Sensoren ausgemessen werden müssen.

10 Ein weitere Möglichkeit besteht darin, eine fluoreszierende Substanz zu verwenden und deren Licht zu analysieren ohne daß die genannte Eigenschaft der Abhängigkeit von dem Säuregehalt des umgebenden Materials vorliegt. Wird nämlich für die Belichtung ein Lichtstrahl eingesetzt, welcher mit fortschreitender Zeit in zunehmend tieferes Belichtungsprofil in dem Lack erzeugt, so daß dieser Lack am Ort der Belichtung für die Fluoreszenzintensität immer transparenter wird, so kann auch hier bei Eintreten der Sättigung von einer befriedigenden Durchbelichtung des Lackes ausgegangen werden. Vorzugsweise wird hierfür eine zweite Lichtquelle durch das erfindungsgemäße Verfahren zusätzlich zum Belichtungsstrahl für die Strukturbildung ausgenutzt um eine gleichmäßige Anregung der fluoreszierenden Substanz mit fortschreitender Zeit zu ermöglichen.

25 Die einzelnen Schritte des Verfahrens sollen nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe einer Zeichnung näher erläutert werden. Darin zeigen

30 Figur 1 in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines fotoempfindlichen Lackes gemäß der vorliegenden Erfindung, welcher in einem Belichtungsgerät belichtet wird.

35 Figur 2 den zeitlichen Verlauf der Intensität der von der fluoreszierenden Substanz wieder ausgestrahlten

Strahlung gemäß einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist in
5 Fig. 1 schematisch dargestellt. Ein Substrat 10, bei dem es
sich um einen Halbleiterwafer handelt, ist mit einem fotoemp-
findlichen Lack 20 beschichtet. Als Belichtungsstrahl wird in
dem Ausführungsbeispiel ein Elektronenstrahl 1 aufgefaßt,
welcher eine Struktur in dem fotoempfindlichen Lack 20 be-
10 lichtet. Der Lack ist gegenüber einer Bestrahlung mit Elek-
tronen empfindlich (in diesem Dokument als „photoempfindlich“
bezeichnet). Der Halbleiterwafer 10 wird zunächst in ein Be-
lichtungsgerät mit einer Belichtungskammer geladen. Die Be-
lichtungskammer weist einen Sensor 30 auf, welcher die Inten-
15 sität einer emittierten Strahlung in wenigstens zwei Wellen-
längenbereichen detektieren kann. Es kann sich dabei auch um
mehrere, beispielsweise zwei, Sensoren 30 handeln, die je-
weils einen Wellenlängenbereich empfangen können. Der Einsatz
eines optischen Gitters mit einem Diodenarray, das das gesam-
20 te interessierende Spektrum mit einem entsprechenden Wellen-
längenebereich umfaßt, ist gleichfalls einsetzbar.

Wie in Figur 2 zu sehen ist, wird der Belichtungsvorgang zu
einem Zeitpunkt $T=0$ gestartet. Zu diesem Zeitpunkt liegen
25 noch keine Säureanteile in dem fotoempfindlichen Lack vor.
Der pH-Wert beträgt ungefähr 7.0. Mit fortschreitender Zeit
werden in einer fotochemischen Reaktion Säuregruppen gebil-
det, so daß der pH-Wert sinkt. Bei Erreichen eines bestimmten
pH-Wertes von z.B. 6.4 beginnt der Farbwert des Spektrums der
30 von der fluoreszierenden Substanz emittierten Strahlung umzu-
schlagen. Während die Intensität in dem ersten Wellenlängen-
bereich des Sensors 30 sinkt, beginnt die Intensität in dem
zweiten Wellenlängenbereich zu steigen. In Figur 2 ist nur
der Intensitätsverlauf 101 des zweiten Wellenlängenbereiches
35 gezeigt. Bei Erreichen eines pH-Wertes von beispielsweise 5.0
ist der fotoempfindliche Lack 20 völlig durchbelichtet. Es

können nicht mehr Säuren gebildet werden, so daß sich hier im zeitlichen Verlauf ein Sättigungsprofil einstellt.

Ist eine Sättigung erreicht, d.h. wird kein weiterer Anstieg der gemessenen Intensität festgestellt, so wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren der Belichtungsvorgang als Reaktion auf dieses Ereignis beendet. Eine weitere Belichtung würde nur benachbarte Resistbereiche belichten und zu einer nachteilhaften Aufweitung des Linienprofils führen.

Erfindungsgemäß kann der Belichtungsvorgang aber vor Erreichen der Sättigung beendet werden, wenn aus dem Vergleich der Messungen der beiden Sensoren 30 der aktuelle Farbwert und somit auch der aktuelle pH-Wert ermittelt wird. Ist hierzu ein vorgegebenes Ziel für den pH-Wert bekannt, so kann bei Erreichen dieses Zieles anhand bekannter Regelmechanismen ein Shutter vorgeschoben oder die Lichtquelle ausgeschaltet werden. Voraussetzung ist hierbei, daß eine Tabelle mit einer Zuordnung von Farbwert und Wellenlänge hinterlegt ist.

Ist der Verlauf einer idealen Intensitätskurve 101 bekannt, so kann aus einer Anzahl von Einzelmessungen, die zu einer zweiten Intensitätskurve 102 (Fig. 2) führt, auf das Vorhandensein weiterer Problemfaktoren, die nicht mit der zeitlichen Variation der Lichtquelle zusammenhängen, geschlossen werden. Die Größe und Form der Fläche 200 in Fig. 2 als Maß für den Abstand zum idealen Kurvenverlauf 101 gibt dabei Hinweise darauf, ob beispielsweise Inhomogenitäten in der Lackdicke, der Ausleuchtung des Belichtungsfeldes, oder der unterliegenden Strukturtopographie vorliegen. Dabei erreichen einige Lackbereiche zeitlich ihr Sättigungsprofil vor anderen Lackbereichen, so daß sich die registrierte Sättigung in einem von den Inhomogenitäten abhängigen Zeitintervall einstellt.

Vorteilhafterweise können durch die vorliegende Erfindung die Belichtungsdosen individuell für jedes einzelne Belichtungsfeld (exposure field) sogar innerhalb eines Substrates bzw.

Halbleiterwafers optimiert für eine maßgetreue Abbildung eingestellt werden. Die Ausbeute wird somit erhöht. Außerdem reduzieren sich Kosten für die Produktion, da keine Vorläufer-substrate gefahren werden müssen. Werden Abweichungen von einer experimentell bestimmten idealen Intensitätskurve 101 während der Belichtung festgestellt, so kann in Reaktion auf den aus einem entsprechenden Vergleich der Kurven bestimmten Abweichungen eine sofortige Geräteüberprüfung eingeleitet werden, so daß eine überflüssige Produktion von Ausschußprodukten bis zu einer anderweitigen Feststellung des Problems verhindert wird.

In dem ersten Ausführungsbeispiel werden Säuremoleküle über den gesamten Dickenbereich des Lackes vom Zeitpunkt $T=0$ an gebildet, weil der Elektronenstrahl üblicherweise hohe Eindringtiefen aufweist. Der Anstieg der Intensität des fluoreszierenden Lichtes in dem einen Wellenlängenbereich, bzw. die Abnahme in dem anderen Wellenlängenbereich, ist daher zunächst proportional zur fortschreitenden Zeit.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird ein Laserstrahl für die Belichtung bei einer Wellenlänge von 365 nm eingesetzt. Mit fortschreitender Zeit bildet sich im Lack ein Belichtungsprofil, da aufgrund der Absorption im Lack nicht von vornherein eine Durchbelichtung stattfindet. Eine idealisierte Intensitätskurve kann sich hierbei erheblich von einem linearen Zusammenhang mit der Zeit unterscheiden.

In den o.g. Beispielen wurde der für die Belichtung des Lackes eingesetzte Elektronen-, Ionen-, oder Lichtstrahl auch zur Anregung des fluoreszierenden Lichtes verwendet. In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, eine weitere Beleuchtungsquelle einzurichten, welche die Anregung der durch den Elektronen-, Ionen-, oder Lichtstrahl gebildeten Farbmoleküle erlaubt. Die zeitliche Änderung dieser Fluoreszenzintensitäten in Abhängigkeit von der Belichtungsdosis gibt den Stand des Belichtungsvorganges wieder. Die weitere Beleuch-

tungsquelle ist dabei derart vorzusehen, daß der Lack selbst photochemisch nicht beeinträchtigt, d.h. belichtet wird, welches durch eine geeignete, sich beispielsweise von 365 nm erheblich unterscheidende Wellenlänge für die Beleuchtungsquelle realisiert werden kann.

5

Patentansprüche:

1. Photoempfindlicher Lack (20) zum Beschichten eines Substrates (10) für die Durchführung eines Belichtungsvorganges, umfassend:

- ein Basispolymer,
- ein Lösungsmittel,
- eine photoaktive Substanz, welche unter Einstrahlung von Licht eine Säure bildet,
- eine fluoreszierende Substanz, die von wenigstens einem Material umgeben ist und deren Fluoreszenzeigenschaft sich in Abhängigkeit von einem in dem wenigstens einen umgebenden Material enthaltenen Säureanteil ändert.

2. Photoempfindlicher Lack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluoreszenzeigenschaft das Spektrum des von der fluoreszierenden Substanz wiederausgestrahlten Lichtes (2) bezeichnet.

3. Photoempfindlicher Lack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluoreszenzeigenschaft die Intensität des von der fluoreszenten Substanz wiederausgestrahlten Lichtes (2) bezeichnet.

4. Photoempfindlicher Lack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lack (20) chemisch verstärkt ist.

5. Photoempfindlicher Lack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lack (20) für Wellenlängen von weniger als 157 Nanometer empfindlich ist.

6. Photoempfindlicher Lack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Lack (20) Molekülketten aufweist,
- die photoaktive Substanz und die fluoreszierende Substanz Teile der gleichen Molekülketten sind.

- 5 7. Verfahren zum Belichten eines Substrates, welches mit dem photoempfindlichen Lack nach einem der Ansprüche 1 bis 4 beschichtet ist, in einem Belichtungsgerät, wobei das Belichtungsgerät wenigstens einen ersten Sensor (30) zur Detektion des von der fluoreszierenden Substanz wiederausgestrahlten
- 10 Lichtes (2) innerhalb eines ersten Wellenlängenbereiches umfaßt, umfassend die Schritte:
- Bereitstellen des Substrates,
 - Beladen eines Belichtungsgerätes mit dem Substrat,
 - Starten eines ersten Belichtungsvorganges (1) durch Projek-
 - 15 tion einer Struktur in die photoempfindliche Schicht,
 - erstes Messen einer ersten Intensität eines von der fluoreszierenden Substanz wiederausgestrahlten Lichtes zu einem ersten Zeitpunkt mittels des wenigstens einen ersten Sensors (30),
 - 20 - wenigstens ein zweites Messen einer zweiten Intensität eines von der fluoreszierenden Substanz wiederausgestrahlten Lichtes (2) zu wenigstens einem zweiten Zeitpunkt mittels des wenigstens einen ersten Sensors (30),
 - Vergleich der ersten mit der zweiten Intensität,
 - 25 - Beenden des Belichtungsvorgangs (1) in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- 30 - das Belichtungsgerät wenigstens einen zweiten Sensor zur Detektion des von der fluoreszierenden Substanz wiederausgestrahlten Lichtes innerhalb eines zweiten Wellenlängenbereiches umfaßt,
- bei den Schritten der ersten Messung mit dem zweiten Sensor
- 35 eine dritte Intensität der Strahlung und der wenigstens zweiten Messung mit dem zweiten Sensor eine vierte Intensi-

tät der Strahlung in dem zweiten Wellenlängenbereich detektiert wird,

- aus einem Vergleich der ersten und der dritten Intensität eine Bestimmung eines ersten Farbwerts des wiederausgestrahlten Lichtes zu dem ersten Zeitpunkt vorgenommen wird,
- 5 - aus einem Vergleich der zweiten und der vierten Intensität eine Bestimmung eines zweiten Farbwerts des wiederausgestrahlten Lichtes zu dem zweiten Zeitpunkt vorgenommen wird,
- 10 - der erste und der zweite Farbwert verglichen werden,
- in Abhängigkeit von dem Vergleich die Belichtung (1) beendet wird.

Zusammenfassung

Fotoempfindlicher Lack zum Beschichten eines Substrates und
Verfahren zum Belichten des mit dem Lack beschichteten Sub-
5 strates

Ein fotoempfindlicher Lack umfaßt neben einem Basispolymer,
einem Lösungsmittel, einer photoaktiven Substanz, die unter
Lichteinstrahlung eine Säure bildet auch eine fluoreszierende
10 Substanz, welche unter einer Änderung des Säuregehaltes ihrer
Umgebung ihre Fluoreszenzeigenschaft ändert. Bei einem Ver-
fahren zum Belichten eines mit dem Lack beschichteten Sub-
strates wird während der Belichtung mit wenigstens einem Sen-
sor in der Belichtungskammer des Belichtungsgerätes die In-
15 tensität des sich ändernden Fluoreszenzspektrum in zeitlicher
Abhängigkeit gemessen. Aus dem zeitlichen Intensitätsverlauf
einer Einzellinie des Fluoreszenzspektrums oder der über ein
Wellenlängenintervall integrierten Intensität kann über elek-
tronische Algorithmen auf den Endpunkt der Belichtung ge-
20 schlossen werden. Abweichungen von experimentell ermittelten
Idealkurven des Intensitätsverlaufs geben Hinweise auf Fehl-
funktionen bei Belackung und Belichtung.

Figur 2

Fig. 1

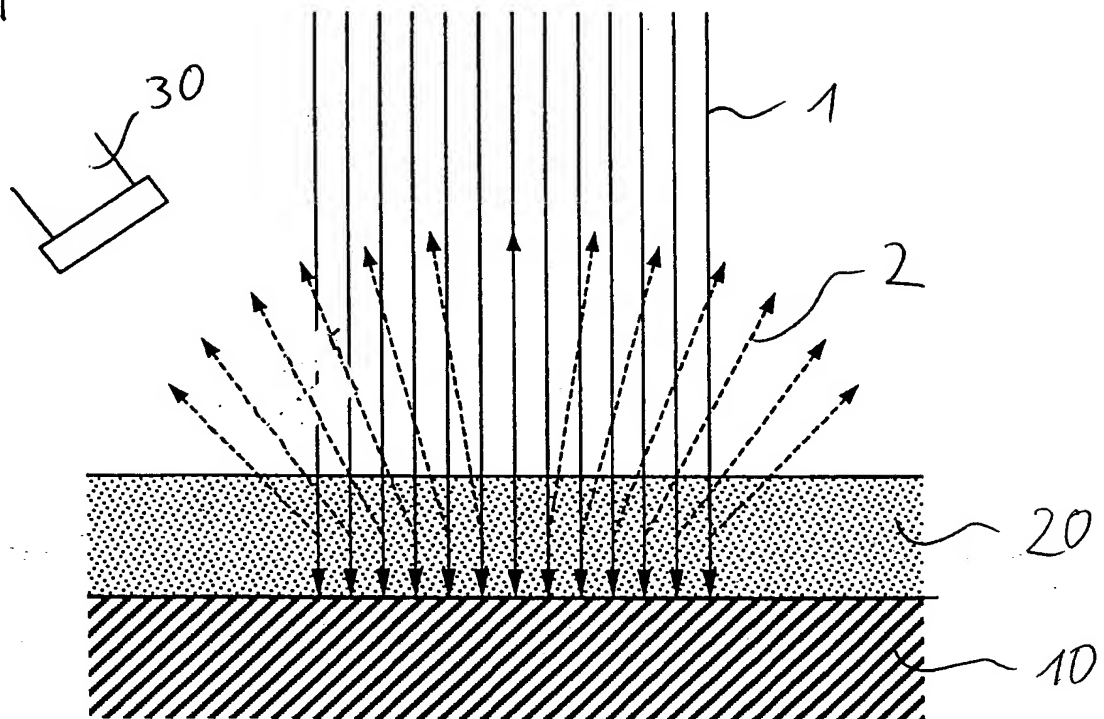


Fig. 2

